

УДК 338.14 : 658.155.3

Чайка Т.Ю., НТУ «ХПИ»

## **Постановка задачи оценки риска чрезвычайных ситуаций на промышленных предприятиях**

*В статье формулируется задача управления чрезвычайными ситуациями на промышленных предприятиях. Рассматриваются модели оценки риска чрезвычайных ситуаций на промышленных предприятиях.*

*In article the problem of management by extreme situations at the industrial enterprises is formulated. Models of an risk of extreme situations at the industrial enterprises are consider.*

В настоящее время наблюдается тенденция роста числа и тяжести последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. Аварии на промышленных предприятиях развиваются, как правило, по сложному сценарию, включающему разные типы событий чрезвычайных ситуаций.

Снижение ущерба от сложных техногенных ЧС может быть достигнуто за счет комплексного оценивания уровня безопасности промышленных объектов. В общем случае перед нами стоит следующая задача: необходимо определить набор мероприятий  $\{x_i\}$ , так изменяющий параметры объекта, чтобы интегральная оценка риска. [4]

Решение поставленной задачи обеспечения безопасности объекта разобьем на следующие основные блоки:

1. Оценка существующего уровня безопасности (риска).
2. Определение оптимального набора мероприятий по снижению уровня риска.
3. Определение плана проведения мероприятий. [1]

Риск-анализ целесообразно осуществлять в следующей последовательности (рис. 1). На первом этапе выполняется идентификация риска: оценка технического состояния системы с установлением параметров состояния  $\{u_{ij}\}$ ; анализ характеристик внешних воздействий  $\{q_{ij}\}$ ; разработка возможных сценариев аварий и определение характера ущербов. На втором этапе осуществляется количественная оценка риска. [2] Для этого разрабатываются: модели технических систем  $M(u_{ij}, t)$ ; модели внешних воздействий  $Q(q_{ij}, t)$ ; модели предельных состояний  $G(q_{ij}, u_{ij}, t)$ , достижение которых приводит к аварийной ситуации в системе; модели конструкционного риска  $P_f$ . Проводится оценка ущербов  $Y$  в стоимостном или натуральном выражении и определяется риск  $R(t)$  аварии технической системы. На третьем этапе осуществляется мониторинг риска в процессе эксплуатации технической системы с оценкой остаточного безопасного ресурса на основе критериев механики деформирования и разрушения.

Простейшую модель оценки существующего уровня безопасности (риска) можно представить следующим образом. Будем характеризовать состояние объекта целым числом,  $n = 0$  соответствует авариям с неприемлемым уровнем ущерба. Чем больше значение  $n$ , тем в лучшем, в более безопасном состоянии находится объект. В силу сложности причинно-следственных связей будем описывать его состояние вероятностным образом. Будем считать, что меры по обеспечению безопасности, ремонт, модернизация и т.д. приводят к тому, что за некий интервал времени  $\Delta t$  (время для удобства будем считать дискретной величиной, меняющейся с шагом  $\Delta t$ , т.е. состояние системы может изменяться только в моменты  $\Delta t, 2\Delta t, \dots$ ) состояние объекта улучшается с вероятностью  $p$ . Таким образом, если в момент  $t$  оно имеет оценку  $n$ , то в момент  $t + \Delta t$  оценка станет  $n + 1$ . С вероятностью  $1 - p$  оно будет ухудшаться (старение оборудования, халатность персонала,

неисправности, которые остались невыявленными в ходе ремонтных и профилактических работ, и т.д.).

Пусть в момент сдачи в эксплуатацию  $t = 0$  объект имел оценку надежности  $n_0$ . Для простоты будем считать, что стоимость продукции (объем услуг и т.д.), произведенной за единицу времени  $\Delta t$ , равна  $Q$  и не зависит от оценки безопасности  $n$ . Положим также, что затраты на проведение технической политики (включая меры, направленные на повышение устойчивости объекта), обеспечивающей вероятность  $p$ , равны за единицу времени  $R(p)$ .

В этой постановке наша задача сводится к классической проблеме теории вероятностей о блуждании на полупрямой или к задаче о разорении игрока. Каковы же здесь возможные стратегии управления риском, и какой экономический эффект будет приносить работа объекта?

Стратегия гарантированной надежности.

Будем рассчитывать на худший вариант, при котором, несмотря на принимаемые меры, состояние объекта будет ухудшаться. В этом случае время работы до аварии будет равно  $n_0$ . Экономический эффект, полученный за это время,

$$D_1 = (Q - R(p))n_0 \quad (1)$$

Грубо говоря, после того как объект отработал гарантийный срок, мы его более не эксплуатируем. Достоинство такого подхода – возможность не иметь дело с системами мониторинга. Недостаток – время работы при этом может быть очень невелико, и мы при  $t = n_0$  можем отказаться от эксплуатации объекта, который может находиться в отличном состоянии. В самом деле, вероятность аварии в момент времени  $n_0 \Delta t$  равна

$$p_r = (1 - p)^{n_0} \quad (2)$$

Если величина  $p$  близка к единице, а значение  $n_0$  достаточно велико, то эта вероятность может быть очень мала. С другой стороны, здесь, в этой идеализированной ситуации, не возникает расходов на ликвидацию последствий аварии.

Стратегия нормальных аварий.

Американский исследователь Ч. Перри, анализируя стратегию использования оборудования во многих современных технологиях, пришел к выводу о том, что очень часто, строя производство, имеют в виду штатные, нормальные проектные аварии, а не их отсутствие. [3].

Здесь этот подход будет выглядеть следующим образом.

Пусть вероятность того, что авария случится в момент  $m\Delta t$ , если вначале система находилась в состоянии с уровнем безопасности  $n_0$ , равна  $\rho(m | n_0)$ . Тогда среднее время до аварии равно

$$\overline{M} = \sum_{m=1}^{\infty} m \rho(m | n_0) \quad (3)$$

Пусть мы эксплуатируем объект время  $T$  (естественно,  $T < M$ ) до того, как произойдет серьезная авария, ликвидируем ее последствия и затем выводим его из эксплуатации. Тогда экономический эффект, в отличие от соотношения (1), становится случайной величиной с математическим ожиданием  $D_2$

$$\overline{D_2} = \sum_{m=0}^T [m(Q - R(\rho))\rho(m | n) - \rho(m | n)C], \quad (4)$$

где  $C$  – стоимость ликвидации последствий аварии.

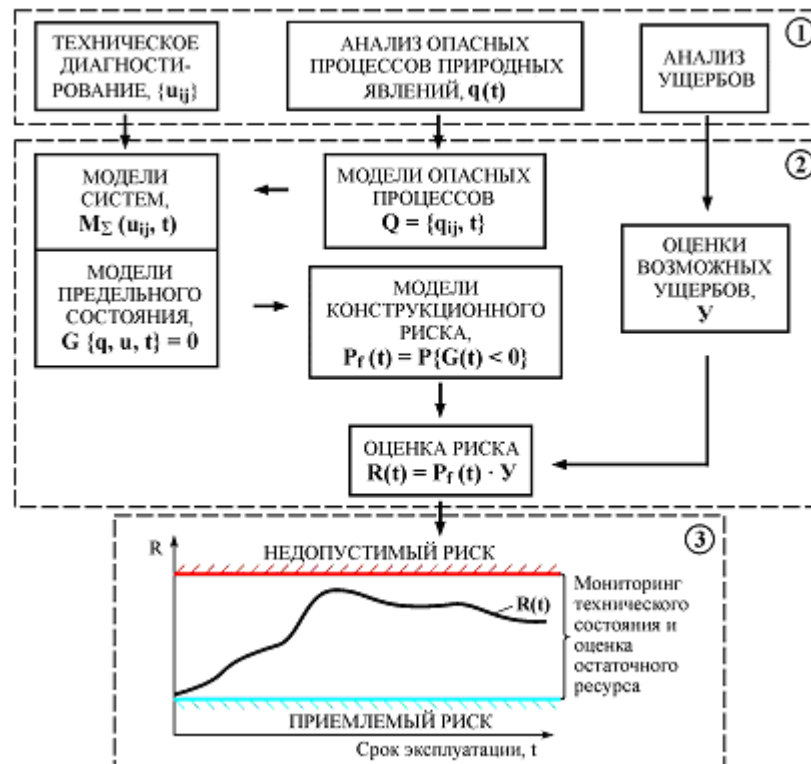


Рис. 1 - Схема риск-анализа и оценки безопасного остаточного ресурса сложных технических систем и объектов

Вообще говоря, если уровень обслуживания ниже некоторого критического уровня  $p < 1/2$ , то авария рано или поздно произойдет. Однако, если система обслуживается достаточно хорошо, авария может и не произойти, например,

$$\sum_{m=1}^{\infty} p(m|1) = (1-p)/p \quad (5)$$

При таком подходе задача оказалась аналогична обсуждавшемуся в начале главы примеру с морской экспедицией. Управление риском при этом сводится к выбору уровня технического обслуживания  $p$  и проектного срока службы.

Стратегия с идеальным мониторингом.

Недостатком предыдущей стратегии была необходимость в стандартном, штатном режиме ликвидировать последствия крупной аварии. Можно ли этого избежать?

Можно, если мы располагаем системой мониторинга. Тогда в критической ситуации мы можем прекратить эксплуатацию объекта. Если считать, что работа такой высокоэффективной системы мониторинга в единицу времени  $\Delta t$  требует затрат  $L$ , то экономический эффект от эксплуатации такого объекта в среднем составит

$$\overline{D}_3 = (Q - R(p) - L) \sum_{m=0}^{\infty} m p(m, n) \quad (6)$$

В различных областях современной технологии используются такие стратегии либо их модификации и комбинации. Тем не менее следует обратить внимание еще на одну стратегию.

Стратегия реагирования на изменения свойств системы.

Соотношения (1), (4), (6) предполагают, что величины  $p$ ,  $R(p)$ ,  $L$ ,  $Q$ ,  $C$  не меняются существенно за время функционирования объекта. В кризисный, переходный периоды это предположение далеко не всегда оказывается выполненным. Простейший пример – длительные невыплаты зарплаты приводят к падению технологической дисциплины, и в результате объект становится намного более опасным. Это часто требует корректировки стратегии вплоть до экстренных мер, связанных с остановкой объекта. [3]

Чрезвычайные ситуации, имевшие место на ряде опасных производств в Украине, показывают, что аспекты социальные, психологические, экономические могут стать наиболее важными. Эти аспекты управления рисками, по-видимому, пока недооцениваются.

### Литература

1. Бурков В.Н., Щепкин А.Б. Экологическая безопасность. М.: ИПУ РАН, 2003. – 92 с.
2. Воронов С.П., Москвичев В.В., Николаев А.В., Симонов К.В., Черняев И.А. Моделирование эффективности системы управления природно-техногенной безопасностью. Красноярск: ИВМ СО РАН, 2004. – 60 с.

3. Малинецкий Г.Г. Теория риска и безопасности с точки зрения нелинейной динамики и системного анализа //Глобальные проблемы как источник чрезвычайных ситуаций. – М.: УРСС, 1998. С. 216-241.
4. Шатровская Е.В. Построение динамической параллельно-последовательно-альтернативной структуры знаний для моделирования сложных аварий на промышленных объектах //Труды Международной конференции RDAMM-2001.